

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Übersetzung der
eur päischen Patentschrift

87 EP 0 675 674 B1

10 DE 695 00 388 T 2

51 Int. Cl.⁶:
H 05 K 1/09
H 01 L 27/01
H 01 L 23/498

- | | | |
|----|---|--------------|
| 21 | Deutsches Aktenzeichen: | 695 00 388.7 |
| 86 | Europäisches Aktenzeichen: | 95 301 880.1 |
| 86 | Europäischer Anmeldetag: | 21. 3. 95 |
| 87 | Erstveröffentlichung durch das EPA: | 4. 10. 95 |
| 87 | Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: | 2. 7. 97 |
| 47 | Veröffentlichungstag im Patentblatt: | 23. 10. 97 |

30 Unionspriorität:
221731 01.04.94 US

73 Patentinhaber:
AT & T Corp., New York, N.Y., US

74 Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, NL

72 Erfinder:
Debiec, Richard Paul, LaGrange Park, Illinois 60525,
US; Evans, Michael D., Wilmington, Massachusetts
01887, US; Pendergast, Warren J., Ferrum, Virginia
24088, US

54 Filmschaltungs-Metallsystem zur Verwendung in IC-Bauteilen mit Kontakthöckern.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 695 00 388 T 2

DE 695 00 388 T 2

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft integrierte
Dünnschicht- und Hybridschaltungen mit Leitungssystemen
zur Verschaltung von Einheiten in Schaltungen, insbeson-
5 dere jenen Schaltungen, deren Anschluß an die Einheiten
mittels Lot zu erfolgen hat.

Allgemeiner Stand der Technik

Integrierte Dünnschicht- und Hybridschaltungen
kommen bei verschiedenartigen Anwendungen in großem
10 Umfang zum Einsatz. Ein für derartige Anwendungszwecke
vielfach verwendetes Metallverschaltungssystem enthält in
aufsteigender Reihenfolge ab einem isolierenden Träger
Schichten aus Titan, Palladium und Gold. Titan vermittelt
gute Haftung an dem isolierenden Träger, und Palladium
15 vermittelt gute Haftung zwischen Titan- und Goldschich-
ten. Goldschicht mit einer typischen Stärke von etwa
5.000 nm fungiert als Primärleiter. Dieses Metallver-
schaltungssystem wurde durch ein Metallverbundmaterial
mit Titan-, Kupfer-, Nickel- und Goldschichten ersetzt.
20 Dabei wird eine dicke Kupferschicht als Primärleiter
eingesetzt, was die Verwendung einer viel dünneren Gold-
schicht, vor allem auf den für Löt- oder Bondverbindungen
vorgesehenen Bereichen der Schaltung ermöglicht. Auf der
Nickelschicht gebildetes Nickeloxid soll als Barriere
25 verhindern, daß außer den Goldbereichen auf den Kontaktf-
lächen der Schaltung auch noch andere Bereiche der
Schaltung mit Lot benetzt werden. Dieses Verbundmaterial
kann gegebenenfalls auch eine zwischen den Titan- und
Kupferschichten angeordnete Schicht aus Palladium oder
30 Palladium-Titan-Legierung enthalten. Siehe beispielsweise
US-Patent Nr. 4 109 297, N.G. Lesh et al. am 22. August
1978 erteilt, oder US-Patent Nr. 5 288 951, R.P. Franken-
thal et al. am 22. Februar 1994 erteilt, auf deren Inhalt
hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird.

35 Ein Beispiel eines derartigen Metallisierungsver-
bundmaterials aus dem Stand der Technik ist in Quer-
schnittsansicht in Abbildung 6 der Zeichnungen darge-
stellt. Das Verbundmaterial enthält in aufsteigender
Reihenfolge ab einem Träger, 61, eine Schicht aus Titan,

62, eine Schicht aus Palladium oder Palladium-Titan-Legierung, 63, eine Schicht aus Kupfer, 64, eine Schicht aus Nickel, 65, und eine Schicht aus Gold, 66. Die Goldschicht kann sich über die gesamte Metallisierung oder einen Teil derselben oder auch nur über Anschlußflächen und Bondinseln der Metallisierungen erstrecken. Besonders geeignet ist dieses Verschaltungssystem zur Lötverbindung mit anderen Bauteilen von IS-Baugruppen, insbesondere mit Bondhügeln versehenen IS-Einheiten. Mit Bondhügeln versehene IS-Einheiten werden zur Herstellung von drahtlosen Lötverbindungen mit Anschlußflächen auf der Platte verwendet. "Drahtlose Lötverbindung" bedeutet, daß auf der IS-Einheit keine biegsamen Zuleitungen oder starren Stifte zur Herstellung einer Strombahn zwischen Kontaktflächen auf der IS-Einheit und Anschlußflächen auf der Platte vorhanden sind.

Jedoch diffundiert Ni durch Gold und auf dessen Oberfläche hinauf. Durch Nickel und seine Verbindungen wie z.B. Nickeloxid wird das Gold gehärtet und wird entnetzungsbedingtem Versagen von Lötverbindungen Vor-schub geleistet. Es ist daher wünschenswert, die Diffusion von Nickel auf Goldoberfläche hinauf auszuschalten oder wenigstens zu verringern, um über sichere, lötbare Verbindung mit den mit Bondhügeln versehenen I-Einheiten zu verfügen.

Darstellung der Erfindung

Eine zum Einsatz in Schaltungen einschließlich Dünnschichtelementen und elektrischer Verschaltungen vorgesehene Mehrfachschichtverbundmaterial-Verschaltung enthält eine zwischen einer Nickelschicht und einer Goldschicht der Verschaltung eingeschaltete Kupfersperrschicht. Die Kupferschicht weist eine Stärke auf, die ausreicht, die Diffusion von Nickel durch die Goldschicht unter Verarbeitungs- und Betriebsbedingungen zu unterbinden oder wenigstens hintanzuhalten.

Die Mehrfachschichtverbundmaterial-Verschaltung enthält in aufsteigender Reihenfolge Titan-, Palladium- oder Palladium-Titan-Legierungs-, Kupfer-, Nickel-, Kupfersperr- und Goldschichten.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Abbildung 1 stellt eine schematische perspektivische Ansicht einer beispielhaften Dünnschichtschaltung mit Leitungssystemen auf einem nichtleitenden Träger dar;

5 Abbildung 2 stellt eine Querschnittsansicht der erfindungsgemäßen Metallisierung dar;

10 Abbildung 3 stellt eine Querschnittsansicht der in Abbildung 2 abgebildeten Metallisierung mit einer darauf angebrachten, mit Lotkontakthügeln versehenen IS-Einheit dar;

Abbildung 4 zeigt eine graphische Darstellung eines Auger-Tiefenprofils einer typischen erfindungsgemäßen Probe;

15 Abbildung 5 zeigt eine graphische Darstellung eines Auger-Tiefenprofils eines typischen Leitungssystems aus dem Stand der Technik mit mit Niveaurereinigter Oberfläche; und

Abbildung 6 stellt eine Querschnittsansicht einer Metallisierung aus dem Stand der Technik dar.

20 Ausführliche Beschreibung

Abbildung 1 zeigt ein Beispiel einer einfachen Dünnschicht- und Hybridschaltung, 10, vor Schaltungsbearbeitungen wie Widerstandstrukturierung, Thermokompressionsbonden, Löten usw. Diese Schaltung soll in 25 erster Linie zur Erläuterung dienen, und das vorgeschlagene Verschaltungsschema kann, mit naheliegenden Abwandlungen, für verschiedenartige Schaltungen eingesetzt werden.

30 Zu Schaltung 10, gebildet auf einer keramischen Leiterplatte, 11, gehören Schaltungselemente wie Widerstände, 12 und 13, sowie ein Kondensator, 14, Verschaltungsleiter, 15, Anschlußflächen, 16, und Bondinseln, 17. Im Inneren der Platte 11 gebildete Anschlußflächen 16 begrenzen ein Gebiet der Platte, in dem eine IS-Baugruppe 35 wie z.B. oder Modul mit Kontaktflächen angeordnet werden kann. Nahe dem Rand der Platte 11 werden Bondinseln 17 gebildet, um eine Verbindung der Schaltung mit nicht auf der Platte befindlichen Elementen mit Hilfe von (nicht dargestellten) Drähten oder Fäden zu ermöglichen.

Das erfindungsgemäße Metallisierungsverbundmaterial ist im Querschnitt in Abbildung 2 der Zeichnungen dargestellt. Veranschaulicht wird ein kleiner Teil der in Abbildung 1 dargestellten Schaltungsanordnung, einschließlich zweier Anschlußflächen 16 auf Leiterplatte 11. Jede Fläche enthält in aufsteigender Reihenfolge ab Leiterplatte 11 mehrere Schichten einschließlich einer Schicht aus Titan, 21, einer Schicht aus Palladium oder Palladium-Titan-Legierung, 22, einer Schicht aus Kupfer, 23, einer Schicht aus Nickel, 24, einer Sperrschicht aus Kupfer, 25, und einer Schicht aus Gold, 26. Die Kupfer- und Goldschichten werden vorzugsweise als Scheibe oder Quadrat abgeschieden, wodurch die Bildung der Lötverbindung auf dem Gold nach dem Schmelzen des Lötkontakthügels während der Aufschmelzerhitzung ermöglicht wird.

Die Schrittfolge zur Herstellung von Dünnschichtschaltung 10 beginnt vorzugsweise mit der Abscheidung der Widerstands- und Kondensatorelemente, üblicherweise aus Tantal oder Tantalnitrid, auf einem isolierenden Träger, bei dem es sich in den weitaus meisten Fällen um Aluminiumoxid handelt. Die Bildung des Verschaltungsschemas beginnt mit einer Abscheidung von Schicht 21 aus Titan über im wesentlichen die gesamte Fläche des Trägers 11. Die Stärke der Titanschicht liegt in einem Bereich von 100-400 Nanometern (nm), vorzugsweise 250 nm. Als nächstes wird eine dünne Schicht 22 aus Palladium mit einer Stärke von 3 bis 100 nm, vorzugsweise von 50 nm, oder eine Schicht aus Palladium-Titan-Legierung einer Stärke von 50 bis 300 nm, vorzugsweise 100-150 nm, auf der Ti-Schicht abgeschieden. Darauf folgt die Abscheidung einer Schicht aus Cu mit einer Stärke von etwa 300-700 nm, vorzugsweise 500 nm. Diese drei Schichten werden bevorzugt durch Teilchenablagerungsverfahren wie Elektronenstrahlverdampfung oder Zerstäuben abgeschieden. Danach wird die Cu-Schicht mit einer Fotolackstruktur wie Shipley AZ-340B entsprechend einer Struktur der Verschaltungsleiter beschichtet. Auf die in der Fotolackstruktur freigelegte Cu-Struktur wird eine dicke Schicht aus Cu galvanisch abgeschieden und bildet so Cu-Schicht 23 bis

zu einer Cu-Gesamtstärke im Bereich von 2.500 bis 10.000 nm, vorzugsweise 3.500 nm. Dann wird auf Kupferschicht 23 eine Nickelschicht 24 einer Stärke von 800-2.500 nm, vorzugsweise 1.000 nm galvanisch abgeschieden.

Bei diesem Stand der Verarbeitung wurde die Fotolackschicht abgelöst und eine weitere Fotolackschicht aufgebracht, belichtet und entwickelt, um nur jene Ni-Bereiche freizulegen, die zum Verlöten von Anschlußflächen mit Kontaktflächen auf den IS-Einheiten oder als Bondinseln vorgesehen sind. Auf Nickelschicht 24 wird Cu-Sperrschicht 25 mit einer im Bereich von 200 bis 1.000 nm liegenden Stärke abgeschieden. Auf diese Cu-Sperrstruktur wird dann Au-Schicht 26 in einer Stärke von 700-4.000 nm, vorzugsweise 2.000 nm, galvanisch abgeschieden. Da nur die als Anschlußflächen 16 und Kontaktflächen 17 vorgesehenen Nickel, nicht aber die ganze Oberfläche mit Kupfer und Gold elektrochemisch beschichtet wird [sic], führt dies zu beträchtlichen Einsparungen bei der Verwendung von Gold. Auf die Nickeloberfläche einer jeden Anschlußfläche werden Kupfersperrschicht und Gold so abgeschieden, daß ein Bereich aus Gold von Nickel umgeben ist. Nach der Abscheidung von Kupfersperrschicht und Gold werden freiliegende Nickelbereiche oxidiert, wodurch eine dünne, hochschmelzende, den Goldbereich bei jeder Fläche umgebende und sich entlang den Leitern erstreckende Schicht aus Nickeloxid gebildet wird. Das Nickeloxid wirkt dann als Lötstop, um zu verhindern, daß Lot sich von den Bondhügeln auf einer IS-Baugruppe auf die Nickeloberfläche über die Goldgrenze hinweg ausbreitet.

Als nächster Schritt bei der Verarbeitung erfolgt eine letzte Strukturierung des Verschaltungsleiters durch Wegätzen jener Teile der durch Aufdampfen oder Zerstäuben aufgetragenen Cu-, Pd- oder PdTi-Legierung und der Ti-Schichten, die nicht von den galvanisch abgeschiedenen Metallschichten (Cu und Ni) bedeckt sind. Während des Ätzens der Ti-Schicht wird Pd-Schicht durch Abheben entfernt, während die PdTi-Legierungsschicht mit dem

gleichen Ätzmittel weggeätzt wird wie die Ti-Schicht. Die verschiedenen Lösungen zur galvanischen Abscheidung von Cu-, Ni- und Au-Schichten und zum Ätzen von Ni- und Cu-Filmen und Ti-Schichten sind auf dem Fachgebiet
5 wohlbekannt. Beispiele für diese Lösungen werden in dem bereits erwähnten US-Patent Nr. 4 109 297 offenbart, auf dessen Inhalt hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Die Abscheidung und Ätzung der PdTi-Legierungsschicht wird weiter in dem bereits erwähnten US-Patent Nr. 5 288
10 951 beschrieben, auf dessen Inhalt hiermit gleichfalls ausdrücklich Bezug genommen wird.

Die so vorbereiteten Schaltungen werden dann mit mit Lötkontakthügeln versehenen IS-Einheiten gemäß einem Flip-Chip-Befestigungsschema zusammengebaut. Eine auf
15 ihrer Flip-Seite mit Lötkontakthügeln versehene IS-Einheit wie z.B. ein IS-Chip oder ein IS-Modul wird auf der Verschaltungsstruktur der Platte so angeordnet, daß Bondhügel auf der IS-Einheit sich mit Anschlußflächen 16 auf der Platte in Deckungsgleichheit befinden. Diese
20 Baugruppe wird erhitzt, um eine Lötverbindung der IS-Einheit mit den Flächen auf der Platte herzustellen. Abbildung 3 zeigt einen Schnitt durch einen Aufbau der in Abbildung 2 dargestellten Schaltung mit einer mit Bondhügeln versehenen IS-Einheit 30 einschließlich eines
25 Bauelements, 31, Anschlußflächen, 32, und Lötkontakthügeln, 33.

Der Grund für die Anbringung einer Kupfersperrschicht zwischen die Nickel- und Goldschichten läßt sich wie folgt erklären. Man hat gefunden, daß Nickel und
30 seine Produkte wie z.B. Nickeloxide dazu neigen, in die Goldschicht der in Abbildung 6 gezeigten Metallisierung und auf Goldoberfläche hinauf zu wandern, so daß sie an der Grenzfläche zwischen dem Gold und dem Lot auftauchen. Wenn auch nur 5 Atomprozent Nickel und noch weniger an
35 der Goldoberfläche vorliegen, beeinträchtigt dies die Lötbarkeit der Oberfläche. Durch Nickel wird das Gold gehärtet, und Nickeloxide bereiten Schwierigkeiten beim Löten und Bonden, indem sie entnetzungsbedingtem Versagen von Lötverbindungen Vorschub leisten. Überdies lassen

sich Nickeloxide durch herkömmliche saure Abreinigung nur schwer entfernen. Ferner kommt es durch Umwandlung von Nickel in Nickeloxide während der Weiterverarbeitung oder bei Gebrauch leicht zu einer Schwächung der Lötverbindung und infolgedessen zu Kontaktfehlern.

Um die nachteiligen Auswirkungen von Nickel und dessen Produkten auf die Grenzfläche zwischen Gold- und Lotoberflächen zu unterbinden oder wenigstens hintanzuhalten, wird zwischen Nickelschicht 24 und Goldschicht 26 Cu-Diffusionsbarriere 25 eingeschaltet. Die Cu-Diffusionsbarriere wird auf dem Nickel vor der Abscheidung von Au abgeschieden. Cu kann gemäß der gleichen Struktur abgeschieden werden wie die Goldstruktur. Cu wird auf Ni-Oberfläche in einer Stärke von 200 bis 1.000 nm galvanisch abgeschieden, einer Stärke, die ausreicht, die Interdiffusion von Ni in die Goldschicht und auf diese zu verhindern. Die Kupferbarriere kann auf der Nickelschicht aber auch durch Teilchenablagerungsverfahren wie Zerstäuben oder Ionenstrahlablagerung abgeschieden werden.

Erleichtert wird der Ausschluß von Oxiden - außer Kupferoxid auf der Goldoberfläche - durch die Bildung eines goldgeordneten Systems durch Wärmebehandlung bei Temperaturen im Bereich von 250°C bis 350°C Grad Celsius. Eine Wärmebehandlung als Teil des Prozesses zur Bildung der integrierten Hybridschaltung, wie etwa das zur Metallfilmstabilisierung verwendete Wärmebehandlungsverfahren bei 300°C über 4 Stunden, kann ebenfalls zur Bildung des geordneten Systems eingesetzt werden. Durch die Wärmebehandlung diffundiert Cu in die Goldschicht und bewirkt eine Ordnung des Goldfilms. Dieser Goldfilm widersteht der Diffusion von Nickel in den Goldfilm, so daß auf der Oberfläche der Goldschicht nach der Wärmebehandlung kein Nickel angetroffen wird. Cu vermittelt Störfestigkeit gegen Ni-bedingte Ausfälle und sorgt gleichzeitig für entsprechende Wärmebeständigkeit bei dem Filmsystem hinsichtlich der Passivierung von Widerständen und der Interdiffusion der verbleibenden Metallisierungsschicht. Während der thermischen Prozesse vor der Lötverbindung von IS-Einheiten mit der Platte allenfalls gebil-

detes Kupferoxid läßt sich ohne weiteres in Mineralsäurelösungen abreinigen. Durch die Abreinigung von Kupferoxid mit verdünnter Schwefelsäure (etwa 1M) werden Oberflächenverunreinigungen entfernt, ohne daß das als
5 Barriere für die Eindämmung von Lot an einer Bauteilbefestigungsstelle erforderliche Nickeloxid dadurch wesentliche Veränderungen erlitte.

Abbildung 4 zeigt eine graphische Darstellung von Auger-Tiefenprofiluntersuchungen der erfindungsgemäßen
10 Anschlußfläche. An der Oberfläche ist praktisch kein Nickel anzutreffen. Wie ersichtlich, wird durch längeres Ätzen mittels Zerstäubens nur Gold von der Fläche entfernt, neben einer geringen Menge Kupfer und einer noch geringeren Menge Nickel. Mit weitgehender Entfernung des
15 Goldes und des Kupfers wird in immer stärkerem Ausmaß Nickel von der darunterliegenden Nickeloberfläche abgetragen.

Abbildung 5 zeigt eine graphische Darstellung von Auger-Tiefenprofiluntersuchungen eines Metallisierungs-
20 verbundmaterials aus dem Stand der Technik, in dem Gold unmittelbar auf der Nickelschicht liegt. Gefunden wird ein gehäuftes Auftreten von Nickel an der Oberfläche. Wie man sieht, ist Gold zwar während der gesamten Zerstäubungszeit in einigermaßen konstanter Menge vorhanden,
25 doch steigt das Nickelvorkommen nach nur kurzer Zeit drastisch an und löst den Goldwert rasch ab.

Patentansprüche:

1. Schaltung mit Dünnschichtelementen und elektrischen Verschaltungen auf der Hauptoberfläche eines isolierenden Trägers, wobei die Verschaltungen
5 mehrere auf dem Träger in einem vorgewählten Muster abgeschiedene Metallschichten einschließlich einer Nickelschicht, gefolgt von einer die Nickelschicht überlagernden Goldschicht, beinhalten, dadurch gekennzeichnet, daß
10 zwischen der Goldschicht und der Nickelschicht eine Sperrschicht aus Kupfer eingeschaltet ist, deren Stärke ausreicht, die Diffusion von Nickel durch die Goldschicht auf die Goldoberfläche unter Verarbeitungs- und Betriebsbedingungen hintanzuhalten.
- 15 2. Zusammengesetzte elektrische Verschaltung zur Verwendung in Schaltungen mit Dünnschichtelementen und elektrischen Verschaltungen auf der Hauptoberfläche eines isolierenden Trägers, wobei die Verschaltung
mehrere auf dem isolierenden Träger in einem
20 vorgewählten Muster abgeschiedene Metallschichten einschließlich einer Nickelschicht, gefolgt von einer die Nickelschicht überlagernden Goldschicht, beinhaltet, dadurch gekennzeichnet, daß
zwischen der Goldschicht und der Nickelschicht
25 eine Sperrschicht aus Kupfer eingeschaltet ist, deren Stärke ausreicht, die Diffusion von Nickel durch die Goldschicht auf die Goldoberfläche unter Verarbeitungs- und Betriebsbedingungen zu unterbinden.
3. Schaltung nach Anspruch 1 oder Verschaltung nach
30 Anspruch 2, wobei das Gold oder die Goldschicht vorzugsweise jene Bereiche jeder Verschaltung überlagert, die zum Auflöten von Kontakten oder zum Bonden von Leitern auf dieselben vorgesehen sind.
4. Schaltung nach Anspruch 1 oder Verschaltung nach
35 Anspruch 2, in der die Stärke der Kupfersperrschicht 200 bis 1.000 Nanometer, beispielsweise 200 Nanometer, beträgt.
5. Schaltung nach Anspruch 1 oder Verschaltung nach Anspruch 2, in der die nicht mit Au bedeckten Teile der

Ni-Schicht mit Nickeloxidbeschichtung versehen sind.

6. Schaltung nach Anspruch 1 oder Verschaltung nach Anspruch 2, in der die mehreren Metallschichten in aufsteigender Reihenfolge vom Träger weg Titan, Palladium oder eine Palladium-Titan-Legierung, Kupfer, Nickel und Gold umfassen.

7. Schaltung oder Verschaltung nach Anspruch 6, in der die Titanschicht 100 bis 400 nm stark ist, die Palladiumschicht 3 bis 100 nm stark ist, die Palladium-Titan-Legierungsschicht 50 bis 300 nm stark ist, die Kupferschicht 2.500 bis 10.000 nm stark ist, die Nickelschicht 800 bis 2.500 nm stark ist, die Kupfersperrschicht 200 bis 1.000 nm stark ist und die Goldschicht 700 bis 4.000 nm stark ist.

8. Schaltung oder Verschaltung nach Anspruch 6, in der die Ti-Schicht im wesentlichen 250 nm stark ist, das Pd im wesentlichen 50 nm stark ist, die Pd-Ti-Legierungsschicht im wesentlichen 100-150 nm stark ist, die Kupferschicht im wesentlichen 3.500 nm stark ist, die Ni-Schicht im wesentlichen 1.000 nm stark ist, die Kupfersperrschicht im wesentlichen 200 nm stark ist, und die Au-Schicht im wesentlichen 2.000 nm stark ist.

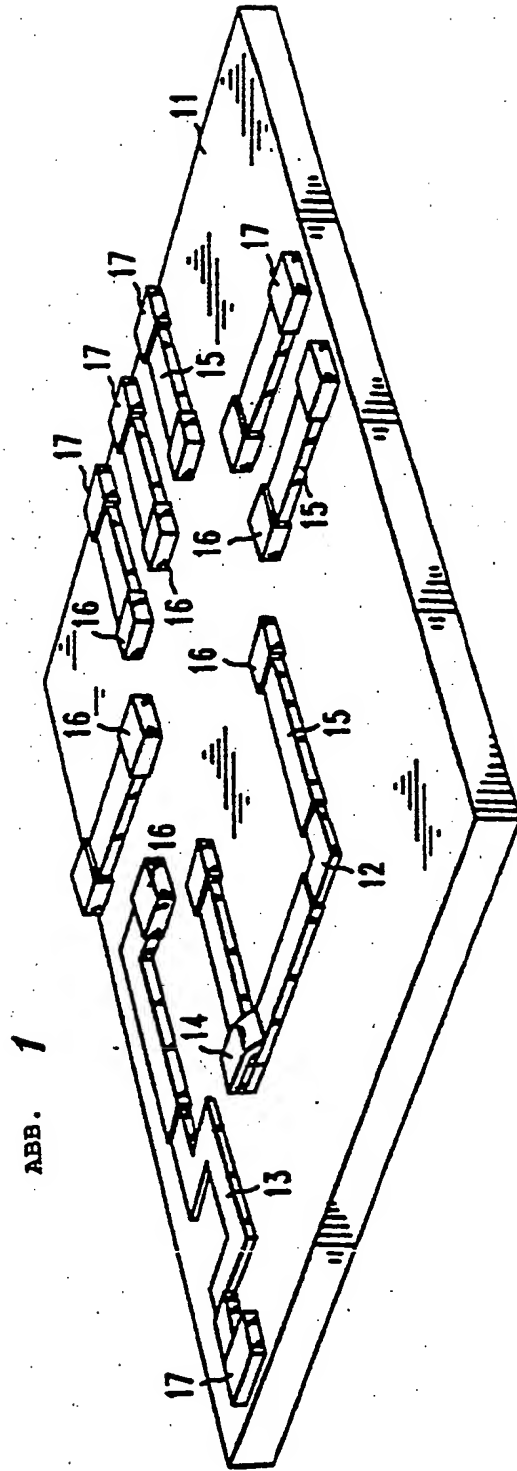
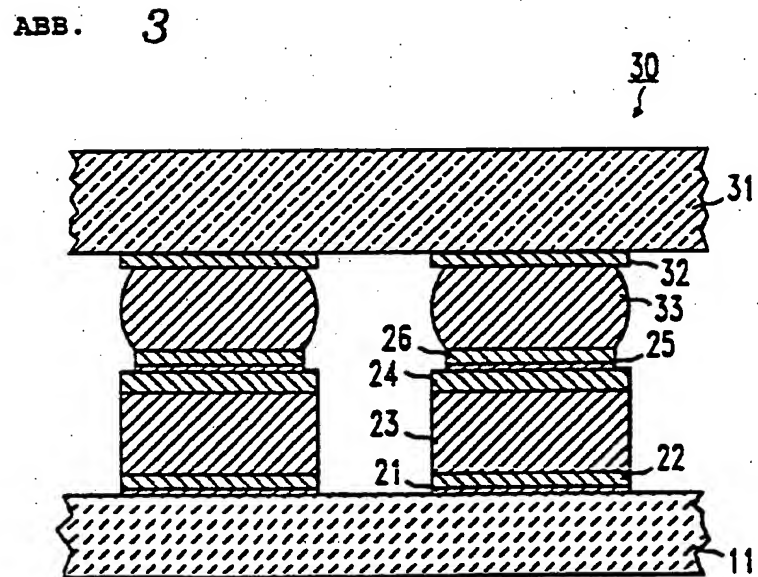
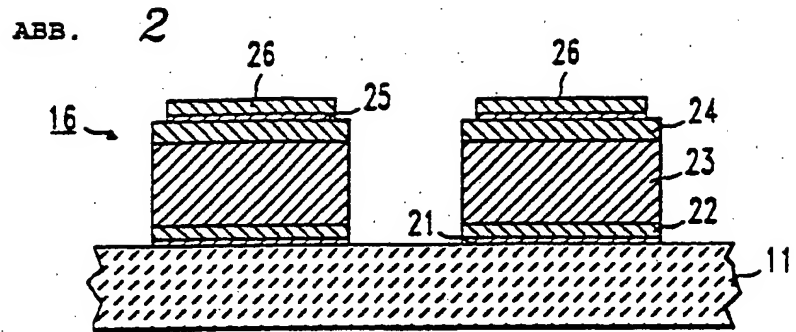


ABB. 1



3/4

ABB. 4

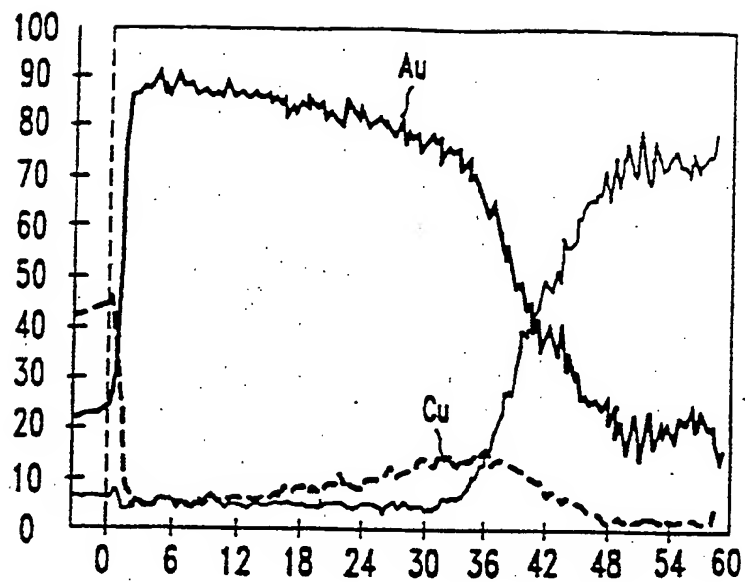


ABB. 5

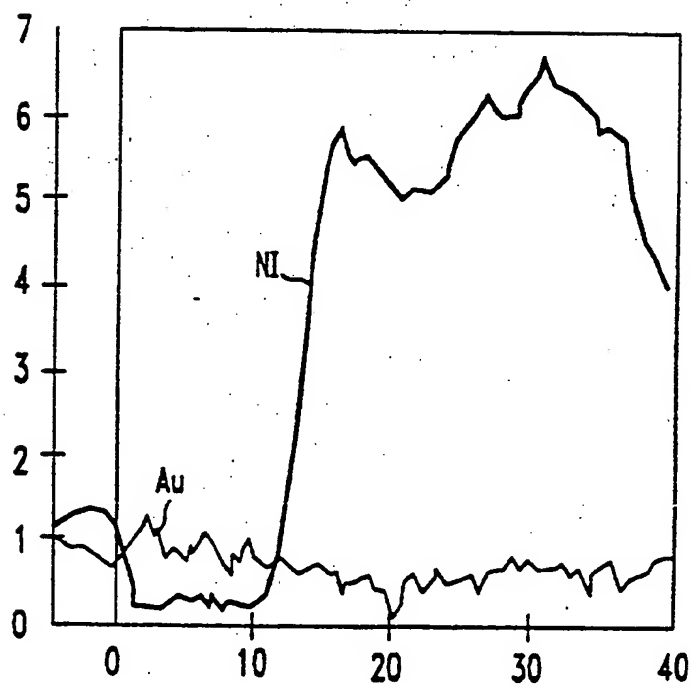


ABB. 6

